

Requested Patent: JP10126985A

Title:

PERMANENT MAGNET DYNAMO-ELECTRIC MACHINE AND MOTOR-DRIVEN
VEHICLE USING THE SAME ;

Abstracted Patent: JP10126985 ;

Publication Date: 1998-05-15 ;

Inventor(s):

TAJIMA FUMIO; MATSUNOBU YUTAKA; KAWAMATA SHOICHI; SHIBUKAWA
SUETARO; KOIZUMI OSAMU; ODA KEIJI ;

Applicant(s): HITACHI LTD; HITACHI CAR ENG CO LTD ;

Application Number: JP19960275826 19961018 ;

Priority Number(s): JP19960275826 19961018 ;

IPC Classification: H02K1/27 ;

Equivalents: JP3308828B2, US6208054 ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress a torque ripple while a reluctance torque by an auxiliary pole is obtained, by a method wherein magnetic gaps are formed between a permanent magnet and auxiliary pole parts adjacent to the permanent magnet in a circumferential direction. **SOLUTION:** Magnetic gaps 14 are formed between a permanent magnet 9 and auxiliary pole parts adjacent to the permanent magnet 9 in a circumferential direction to relieve the change of a magnetic flux distribution. Bridge parts 17 are formed between a pole piece part 15 and auxiliary poles 16 on the surface of a rotor by the gaps 14, and certain distances are provided between the pole piece part 15 and the auxiliary poles 16. Therefore, the change of a magnetic flux distribution which is more gentle than that of a conventional constitution is obtained, so that a cogging torque and a torque ripple can be suppressed. Further, if a dynamo-electric machine rotates in one direction only, the magnetic gap 14 may be formed on the one end in the circumferential direction of a permanent magnet 9. Moreover, if the similar gaps 14 are formed between the auxiliary pole parts and the arc-shaped or trapezoidal permanent magnets 9, the similar effect can be obtained.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-126985

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月15日

(51) Int.Cl.⁹

H02K 1/27

識別記号

501

F I

H02K 1/27

501A

審査請求 未請求 請求項の数17 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平8-275826

(22) 出願日

平成8年(1996)10月18日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000232999

株式会社日立カーエンジニアリング

312 茨城県ひたちなか市高場2477番地

(72) 発明者 田島 文男

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 松延 豊

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

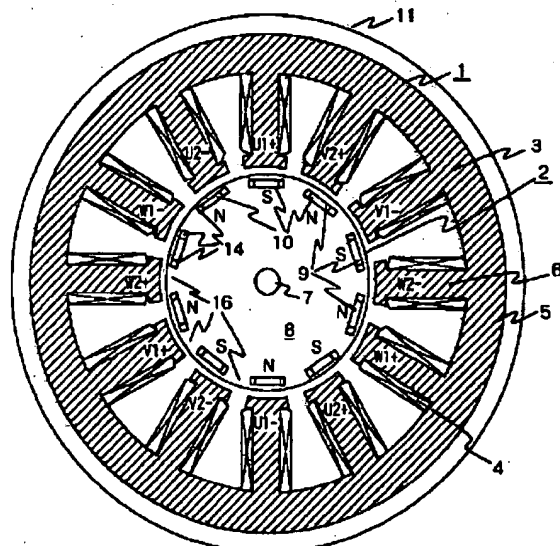
(54) 【発明の名称】 永久磁石回転電機および永久磁石回転電機を用いた電動車両

(57) 【要約】

【課題】補助磁極によるリラクタンストルクを得ながら、コギングトルクやトルク脈動を抑えた永久磁石回転電機、およびそれを用いた電動車両を提供する。

【解決手段】回転子の永久磁石と、該永久磁石に周方向に隣り合った補助磁極との間に磁気的な空隙を設けることにより、回転子の表面の磁束密度分布変化を緩やかにし、コギングトルクやトルク脈動を抑える。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記永久磁石と、前記永久磁石に周方向に隣り合った前記補助磁極部との間に磁気的な空隙を設けたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項2】請求項1に記載の永久磁石回転電機において、前記永久磁石挿入孔の底に凹部を設け、該凹部に前記永久磁石を配置したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項3】請求項1または請求項2に記載の永久磁石回転電機において、前記空隙に非磁性材料を配置したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項4】請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の永久磁石回転電機において、前記空隙の固定子側の面の周方向幅を該空隙の反固定子側の面の周方向幅よりも大きくしたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項5】請求項4に記載の永久磁石回転電機において、前記空隙の周方向断面は三角形であることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項6】請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の永久磁石回転電機において、前記磁極片部はブリッジ部を介して前記補助磁極に接続され、前記ブリッジ部の固定子側表面と空隙側表面は略平行であることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項7】請求項6に記載の永久磁石回転電機において、前記ブリッジ部は、前記空隙の傾斜面に垂直に伸びるよう形成したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項8】固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記磁極片部と前記補助磁極部との間に磁気的な空隙を設けたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項9】請求項8に記載の永久磁石回転電機において、前記空隙は前記永久磁石の固定子側の面の周方向端部に接することを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項10】請求項9に記載の永久磁石回転電機において、前記空隙は前記永久磁石の内側に伸びていることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項11】請求項9に記載の永久磁石回転電機において、前記空隙は前記永久磁石の内側に矩形状に伸びていることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項12】固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間

に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記磁極片部と前記補助磁極部との間に磁気的な空隙を設け、非磁性の磁極片支持部材により前記磁極片部を前記補助磁極部に固定せしめたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項13】請求項12に記載の永久磁石回転電機において、前記磁極片支持部材はコの字形状かつ前記回転子鉄心の両軸から挿入されていることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項14】固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記磁極片部と前記補助磁極部との間に磁気的な空隙を設け、前記磁極片部と前記永久磁石の間に磁性材料と非磁性材料を組み合わせた永久磁石支持部材を配置し、かつ前記永久磁石支持部材の前記磁性材料を前記磁極片部と前記永久磁石間に配置し、前記非磁性材料を前記補助磁極部に係合させたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項15】請求項8ないし請求項14のいずれかに記載の永久磁石回転電機において、前記空隙に非磁性材料を配置したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項16】請求項1ないし請求項15のいずれかに記載の永久磁石回転電機において、前記永久磁石の周方向幅は前記補助磁極部の周方向幅よりも小さいことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項17】請求項1ないし請求項16のいずれかに記載の永久磁石回転電機により駆動される電動車両。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は回転電機および回転電機を用いた電動車両に係り、特に磁束発生手段として永久磁石を用いた永久磁石回転電機、および永久磁石回転電機を用いた電動車両に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より回転電機の種類として、回転子の磁界発生手段に永久磁石を用いた永久磁石回転電機が使用されている。

【0003】従来の永久磁石回転電機としては、表面磁石構造、すなわち隣接する永久磁石が周方向に逆極性となるように、回転子の表面に複数の永久磁石を並置、固定したものがある。

【0004】しかし、表面磁石構造のものは、遠心力により高速回転時に永久磁石が剥離する可能性が高いことから、回転子内の軸方向へ伸びる孔に永久磁石を挿入、

固定した永久磁石埋め込み構造の永久磁石回転子が特開平5-76146号公報に開示されている。

【0005】また永久磁石埋め込み構造の回転子にスキューを施す場合の構成を簡素にすることを目的として、回転子内部に設置した各永久磁石の端面から回転子の外周へ空隙を形成したものが特開平5-236687号公報に開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の従来技術では、補助磁極によるリラクタンストルクを得ることと、コギングトルクまたはトルク脈動（以下、両者を併せて「トルク脈動」と言う）の減少を両立できないという問題がある。

【0007】永久磁石埋め込み構造の回転子では、隣接した永久磁石間の回転子部材を補助磁極として利用し、固定子の電機子起磁力の合成ベクトルをこの補助磁極の中心位置より回転方向側に向くように制御することにより、リラクタンストルクを得ることができる。このリラクタンストルクは、永久磁石による主トルクに加算され、回転電機の総トルクを増加し、効率を高めるものである。

【0008】一方、永久磁石回転電機においては、通電の有無にかかわらず常に磁束を発生している永久磁石を用いるため、回転子は常に永久磁石と固定子突極部との位置関係に応じた力を受け、回転時にはその力が脈動的に変化する。それがトルク脈動となって現れる。これは回転子のスムーズな回転を妨げ、回転電機として安定した動作を得ることができないという問題を生じる。

【0009】特開平5-76146号公報に記載されている永久磁石回転子は、補助磁極を有していることから、リラクタンストルクを得ることは可能であるが、永久磁石と補助磁極との距離が周方向に微小であることから、そこに磁束密度分布の急激な変化が現れ、トルク脈動が生じる。

【0010】特開平5-236687号公報に開示されている永久磁石回転電機は、永久磁石間に空隙が設けられていること、または空隙に非磁性体からなる接着性の充填材が充填されていることによって、隣り合った永久磁石間の磁束密度分布変化が緩やかとなり、コギングトルクまたはトルク脈動は発生しにくいが、この空隙または充填材は補助磁極の役目を果たさないで、リラクタンストルクを得ることができない。

【0011】本発明は上記事情に鑑みて、補助磁極によるリラクタンストルクを得ながら、トルク脈動を抑えることのできる永久磁石回転電機、およびそれを用いた電動車両を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永

久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記永久磁石と、前記永久磁石に周方向に隣り合った前記補助磁極部との間に磁気的な空隙を設けたことを特徴とする。

【0013】この磁気的な空隙は、回転子の周方向における永久磁石と補助磁極間の磁束密度分布変化を緩やかにし、トルク脈動を減少させるものである。よってこの空隙は、単なる空間であってもよいし、非磁性材料を配置または充填したものであってもよい。

【0014】またこの空隙は、永久磁石の両端にあってもよく、また回転電機の回転方向やその用途によっては、永久磁石の周方向どちらか一端のみにあってもよい。

【0015】しかし上記空隙を永久磁石の周方向端部に設けることにより、高速回転時などに磁石の位置決めが不安定になる可能性がある。そこで請求項2に記載のように、前記永久磁石挿入孔の底に凹部を設け、該凹部に前記永久磁石を配置する、または請求項3に記載のように、前記空隙に非磁性材料を配置させることで、永久磁石を位置決めすることが可能である。

【0016】また前記空隙は、固定子に対する磁束密度分布変化を緩やかにするものであれば足りることから、その形状を変化させることにより、補助磁極の作用を補助することも可能である。すなわち請求項4に記載のように、前記空隙の固定子側の面の周方向幅を該空隙の反固定子側の面の周方向幅よりも大きくする、または請求項5に記載のように、前記空隙の周方向断面を三角形状になるよう構成することにより、補助磁極の磁束が永久磁石を周回し易いように構成することも可能であり、より多くのリラクタンストルクを得ることができる。

【0017】さらには、請求項6に記載のように、前記磁極片部はブリッジ部を介して前記補助磁極に接続され、前記ブリッジ部の固定子側表面と空隙側表面を略平行に形成する、または請求項7に記載のように、前記ブリッジ部は前記空隙の傾斜面に垂直に伸びるよう形成することにより、永久磁石から空隙の固定子側の部材から補助磁極へ漏洩する磁束を抑えることが可能である。

【0018】特に請求項7に記載の発明によれば、永久磁石にかかる遠心力をブリッジ部の引っ張り力によって支えることができ、より高速回転が可能な永久磁石回転電機を提供できる。

【0019】請求項8に記載の発明は、固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記磁極片部と前記補助磁極部との間に磁気的な空

隙を設けたことを特徴とする。

【0020】この磁気的な空隙も、請求項1に記載の発明と同様に、回転子の周方向における永久磁石と補助磁極間の磁束密度分布変化を緩やかにし、トルク脈動を減少させる。

【0021】また、請求項9に記載のように前記空隙を前記永久磁石の固定子側の面の周方向端部に接するよう、または請求項10に記載のように前記空隙を前記永久磁石の内側に伸びるよう、若しくは請求項11に記載のように前記空隙を前記永久磁石の内側に矩形状に伸びるよう形成することによって、永久磁石の固定子側の面から補助磁極部に漏洩する磁束を抑えることが可能である。

【0022】しかし、インナロータ型の回転電機において、永久磁石の固定子側にある磁極片部に空隙を設けることは、高速回転時に、永久磁石への遠心力に対する支持力を損なわせる可能性がある。

【0023】そこで請求項12に記載のように、固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記磁極片部と前記補助磁極部との間に磁気的な空隙を設け、非磁性の磁極片支持部材により前記磁極片部を前記補助磁極部に固定せしめること、または請求項13に記載のように、前記磁極片支持部材はコの字形状かつ前記回転子鉄心の両軸から挿入されていることにより、磁極片部にかかる永久磁石の遠心力を補助磁極部で支えることができる。

【0024】また、請求項14に記載のように、固定子鉄心に巻線を施した固定子と、間に補助磁極部を介しかつ固定子側に磁極片部を形成する複数の永久磁石挿入孔を環状に形成し、かつ該永久磁石挿入孔に永久磁石を埋め込んだ回転子とから構成され、さらに前記回転子を前記固定子に回転空隙をもって配置した永久磁石回転電機において、前記磁極片部と前記補助磁極部との間に磁気的な空隙を設け、前記磁極片部と前記永久磁石の間に磁性材料と非磁性材料を組み合わせた永久磁石支持部材を配置し、かつ前記永久磁石支持部材の前記磁性材料を前記磁極片部と前記永久磁石間に配置し、前記非磁性材料を前記補助磁極部に係合させることによって、同様に永久磁石の受ける遠心力に対する支持力を増加させることができる。

【0025】さらには、請求項15に記載のように、前記空隙に非磁性材料を配置することによっても、永久磁石の受ける遠心力に対する支持力を増加させることができる。

【0026】また請求項16に記載のように、前記永久磁石の周方向幅を前記補助磁極部の周方向幅よりも小さ

くすることによっても、永久磁石にかかる遠心力を有効に軽減することができる。

【0027】請求項17に記載の発明は、請求項1ないし請求項16に記載の永久磁石回転電機により駆動される電動車両であり、コギングトルクの少ない、安定した駆動装置を持つ電動車両を提供することができる。

【0028】なお、上記回転電機は、発電機及び電動機、インナロータ及びアウトロータ、回転型及びリニア型、集中巻及び分布巻固定子構造のいずれのものであっても、本発明を適用可能である。

【0029】また上記全ての発明は、永久磁石の形状に依存せず、直方体、アーク形、台形等、どのようなものでも適用可能であり、同様の効果を奏する。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図を用いて詳細に説明する。

【0031】図1は本発明の一実施形態であるインナロータ型集中巻固定子構造の永久磁石回転電機の周方向断面図を示す。

【0032】回転電機は固定子1と回転子2から構成され、これらは図のように互いに回転空隙をもって配置される。

【0033】固定子1は、固定子鉄心3と固定子巻線4からなり、固定子鉄心3は更にコア部5と固定子突極部6とから構成される。コア部5には固定子突極部6に磁束を通すための磁気回路が形成され、固定子突極部6には固定子巻線4が集中的に巻回される。

【0034】回転子2はシャフト7、回転子鉄心8、および永久磁石9からなる。回転子鉄心8には、永久磁石9を挿入する永久磁石挿入孔10およびシャフト7を通す孔が軸方向に打ち抜かれ、それぞれ永久磁石9およびシャフト7が挿入、固定される。

【0035】このように本実施形態はいわゆる永久磁石埋め込み構造のものであり、永久磁石9を回転子2に環状に配置することによって、互いに隣接する永久磁石挿入孔10の間の部材を補助磁極部16として機能させることができる。

【0036】すなわち、図示しない制御装置によって、固定子巻線4による電機子起磁力の合成ベクトルを補助磁極の中心位置より回転方向側に向くように制御すれば、固定子巻線4から発生した磁束が補助磁極部16を介して永久磁石9を周回し、リラクタンストルクが発生する。これは特に低速運転状態において有効であり、上記リラクタンストルクが永久磁石9による通常のトルクに加わることで、電動機として高いトルクを得ることができる。

【0037】図3は本実施形態に係る永久磁石回転電機の軸方向の断面構造を示す。

【0038】固定子1はハウジング11の内周面に図のように固定され、また回転子2に挿入、固定されたシャ

フト7は、回転子2が固定子1に回転空隙をもって回転自在に接するよう、ベアリング13およびエンドブラケット12によって固定子1に保持される。

【0039】本実施形態では、回転子鉄心8の材料として永久磁石9よりも高い透磁率を有するもの、例えば珪素鋼板のような高透磁率磁性材料を用いる。これにより、磁石内部に発生する渦電流損を減少させることができ、また前述の補助磁極部16をより有効に機能させることができる。

【0040】なお本発明は、発電機及び電動機、インロータ及びアウトロータ、回転型及びリニア型、集中巻き及び分布巻き固定子構造のいずれにおいても適用可能であり、同様の効果が得られる。

【0041】本実施形態は、永久磁石9と、該永久磁石9に周方向に隣り合った補助磁極部16との間に磁気的な空隙14を設けるものである。

【0042】図2に図1における任意の永久磁石9の周辺を拡大した図を示す。図のように、永久磁石9の周方向端部に空隙14を設けるように永久磁石挿入孔10を形成し、そこに永久磁石9を挿入、固定する。この空隙は軸方向に伸び、永久磁石9と補助磁極部16に接している。

【0043】この空隙14の作用を図4および図5を用いて説明する。

【0044】図4および図5は、永久磁石9周辺の周方向断面図と、永久磁石9によって回転子2の周表面から発生される磁束密度分布の関係を表した図である。図4は前述の実施形態を用いた回転子を、図5は従来の回転子を示す。

【0045】双方とも、回転子鉄心8の磁極片部15は、永久磁石9が発生した磁束を固定子1へ伝達する部材として機能する。また隣り合った永久磁石挿入孔10の間の部材、すなわち図中の補助磁極部16はリラクタンストルクを発生する補助磁極として機能する。

【0046】図4および図5の上部にあるグラフは、永久磁石9によって回転子2の固定子側表面から発生される磁束密度分布を表している。両図ともに、磁極片部15では、永久磁石9の発生する磁束はほぼ一定の磁束密度分布を示す。一方、補助磁極部16では、永久磁石9による磁束が伝達されにくく、回転子2の固定子側表面から発生される磁束はほぼ零となる。

【0047】しかし、従来の回転子においては、図5のように回転子鉄心8に設けられた永久磁石挿入孔10全体を埋めるように永久磁石9が配置されていることから、磁極片部15と補助磁極部16の境界付近において図のような急激な磁束密度分布の変化が現れる。

【0048】永久磁石回転電機においては、回転電機への通電の有無にかかわらず、永久磁石が常に磁束を発生しているため、回転子は、常に固定子突極部6と磁極片部15との位置関係に応じた力を受ける。回転子が回転

すれば、互いの位置が変化することにより回転子の受ける力が脈動的に変化し、これがコギングトルクやトルク脈動となって現れる。回転子周方向における磁束密度分布の変化が急激なほど、トルク脈動は顕著である。

【0049】そこで本実施形態のように空隙14を設け、磁束密度分布の変化を緩やかなものにする。空隙14によって、回転子表面の補助磁極部16と磁極片部15の間にブリッジ部17が形成され、磁極片部15と補助磁極部16の間に距離が設けられる。従って、図4のグラフのように従来に比べて緩やかな磁束密度分布の変化が現れ、コギングトルクやトルク脈動を抑制することができる。

【0050】また、回転方向が一方向のみに定まっている回転電機では、永久磁石9の周方向一端にのみ磁気的な空隙14を設けても良い。

【0051】なお本実施形態においては図のような直方体の永久磁石9を用いているが、他の形状のもの、例えばアーク形や台形のものに同様の空隙14を形成しても同様の効果が得られる。

【0052】図6ないし図8には、本発明の他の実施形態を示す。

【0053】図6および図7の実施形態は図2における実施形態の空隙14の形状を変化させたものである。

【0054】図6の実施形態は、永久磁石挿入孔10の底に凹部を設け、該凹部に永久磁石9を配置したものである。その結果、空隙14の回転子半径方向の厚さは永久磁石9の回転子半径方向の厚さよりも小さく形成され、図のように空隙14の反固定子側の面が永久磁石9の反固定子側の面よりも固定子寄りに形成される。

【0055】これらにより永久磁石9を永久磁石挿入孔10の所定の位置に位置決めすることができる。

【0056】また永久磁石9の位置決めのためには、空隙14に非磁性材料を配置または充填しても同様の効果を得ることができる。例えば空隙14に非磁性材料から成る固体を配置し、一体にワニス及び接着剤で固着させることによって、永久磁石9をより安定して配置することができる。

【0057】また図7の実施形態は、空隙14の固定子側の面の周方向幅を反固定子側の面の周方向幅よりも大きくしたものである。図7では特に空隙14の周方向断面が略三角形となるように形成する。このことによって、補助磁極部16を通る磁束がスムーズに永久磁石9を周回することができ、リラクタンストルクをより多く得ることができる。

【0058】さらに図6および図7の実施形態においては、回転子2の固定子側表面に略平行となるように空隙14の固定子側の面を形成する。

【0059】これによって、ブリッジ部17の磁気的な飽和はきつくなり、永久磁石9から発生する磁束が磁極片部15、ブリッジ部17を介して補助磁極部16に漏

洩する磁束を抑制することができる。

【0060】図8の実施形態は、同様の構成を得るため、逆に回転子2の形状を変更したものである。すなわちブリッジ部17が空隙14の傾斜面14aに略垂直に伸びよう構成される。このことにより、回転子2の半径方向に対するブリッジ部17の傾きが大きくなり、磁極片部15及び永久磁石9にかかる遠心力をブリッジ部17の引っ張り力により支えることができる。一般的に材料の耐久性は、剪断力に対するよりも引っ張り力に対する方が高く、ブリッジ部17が回転子2の半径方向に対してほぼ直角をなす前述の実施形態よりも遠心力に対する耐久性が高い。従ってブリッジ部17をより薄く形成し、永久磁石9から発生する有効磁束量を高めることも可能であり、またより高速に回転子を回転させることができる。

【0061】図9ないし図11に本発明の他の実施形態を示す。

【0062】これらは、磁極片部15と補助磁極部16の間に磁気的な空隙14を設けるものであり、図のように磁極片部15の両端に空隙14が形成される。この空隙14は、永久磁石9の固定子側周方向縁部に沿って軸方向に伸びている。この空隙14により、図のようなブリッジ部17が形成され、その部分における磁束密度分布が緩やかに変化し、コギングトルクを抑制することが可能となる。

【0063】さらに図9ないし図11では、空隙14が永久磁石9の固定子側の面の周方向端部に接し、かつ永久磁石9の周方向端面より内へ入り込むように形成する。また図10では空隙14が永久磁石9の内側に向かって伸びるように形成し、図11では空隙14が永久磁石9の内側に矩形状に伸びるように形成する。

【0064】このことにより、補助磁極部16に漏洩する磁束が減少し、磁極片部15における磁束密度が高まることにより、回転電機として効率を高めることができる。図12ないし図14に、本発明の他の実施形態を示す。

【0065】永久磁石埋め込み構造の回転子を高速に回転させたとき、永久磁石の受ける遠心力が増加し、永久磁石を支持する部材、すなわち磁極片部15やブリッジ部17の負担が増加する。その負担に対応し、該部材を厚く設けた場合、回転子表面と永久磁石との距離が大きくなること、および磁束が補助磁極部16に漏洩することにより、永久磁石から固定子に対して伝達される磁束が減少し、トルクが減少するという問題が生じる。

【0066】そこで、永久磁石9の固定子側の面の周方向両端に図12のような断面で軸方向に伸びる磁気的な空隙14を形成し、空隙14を挟むように磁極片部15と補助磁極部16に磁極片支持部材18を軸方向に差し込み固定する。図13は磁極片支持部材18の例であり、ここではコの字形をした非磁性の樹脂とする。図1

4に磁極片支持部材18が回転子鉄心8の両側から差し込まれた回転子2を持つ永久磁石回転電機の軸方向断面図を示す。

【0067】ここで空隙14は、磁極片部15から補助磁極部16へ漏洩する磁束を抑制する。また磁極片支持部材18は、磁極片部15にかかる永久磁石9および磁極片部15自身の遠心力を、補助磁極部16をもって支えるための媒体として働く。このことにより、遠心力に対する永久磁石の支持力を高めることができる。

【0068】さらには、図12におけるブリッジ部17を回転子2の組立後に切削することにより、磁極片支持部材18により磁極片部15の支持力を維持しながら、ブリッジ部17による漏洩磁束も減少させることができる。

【0069】図15に本発明の他の実施形態を示す。

【0070】ここでは、図のように磁極片部15と補助磁極部16の間に磁気的な空隙14を形成し、永久磁石9と磁極片部15の間に磁性材料と非磁性材料を組み合わせさせた永久磁石支持部材19を設ける。

【0071】永久磁石支持部材19は、図のように磁性材料19aと非磁性材料19bの組み合わせであり、両者は例えば溶接などによって接合する。磁性材料19aは永久磁石9の発生磁束を磁極片部15に伝達するために磁性体の材料で構成し、非磁性材料19bは永久磁石9から補助磁極部16への漏洩磁束を抑制するために非磁性体の材料で構成する。

【0072】以上の構成によって、永久磁石9にかかる遠心力を永久磁石支持部材19を介し補助磁極部16で支持することができ、ブリッジ部17には磁極片部15の遠心力がかかるのみとなる。よって、ブリッジ部17の半径方向の長さを短くでき、従って永久磁石9からの磁束漏洩を少なくすることができる。

【0073】あるいは、図9ないし図11の実施形態において、空隙14に非磁性材料を配置または充填することも有効である。

【0074】磁極片部15の厚さを十分な磁束を得るために必要な厚さに設定し、空隙14を永久磁石9の固定子側に図9ないし図11のような形状で打ち抜き、そこに非磁性の材料、例えば接着剤、ワニス充填する構成とする。このことにより、磁極片部15を半径方向に厚くすることなく、永久磁石9や磁極片部15が受ける遠心力を空隙14によって支えることができる。

【0075】また、永久磁石9の材料として、樹脂磁石を用いることも可能である。この場合、空隙14に充填する非磁性の材料の代わりに、樹脂磁石を永久磁石挿入孔10と空隙14を合わせた形状で嵌め込むことができる。すなわちプラスチックマグネット自身に空隙14の上記のような役割を兼ねさせることが可能となる。さらには、図16のように永久磁石9の周方向幅よりも補助磁極部16の周方向幅を大きく設けることも有効であ

る。

【0076】このことにより、ブリッジ部17にかかる遠心力を作り出す永久磁石9の重量が軽減され、ブリッジ部17の厚さをより小さくすることができ、磁極片部15から補助磁極部16に漏洩する磁束を減少することができる。

【0077】なお、永久磁石9の周方向幅が小さくなることによって、永久磁石9から発生する磁束は減少するが、相対的に補助磁極部16によるリラクタンストルクは増加する。これは永久磁石9として高価なネオジウム磁石を用いた場合などに有効であり、永久磁石9の量を減らすことによるコストダウンの分を、補助磁極部16のリラクタンストルクで補うことにより、コストパフォーマンスの向上を図ることができるものである。

【0078】なお、以上に述べた永久磁石回転電機を電動車両、特に電気自動車に適用すれば、コギングトルクが少なく、スムーズに発進できる安定した永久磁石回転電機駆動装置を搭載でき、一充電走行距離の長い電気自動車を提供することができる。

【0079】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、トルク脈動の少ない永久磁石回転電機を構成できる。

【0080】請求項2および請求項3に記載の発明によれば、請求項1と同様の効果に加えて、永久磁石の位置決めが可能となる。

【0081】請求項4および請求項5に記載の発明によれば、さらに補助磁極を通る磁束がスムーズに永久磁石を周回するよう構成することが可能である。

【0082】請求項6および請求項7に記載の発明によれば、さらに永久磁石から空隙の固定子側の部材から補助磁極へ漏洩する磁束を抑えることが可能となる。

【0083】また請求項8に記載の発明によっても、トルク脈動の少ない永久磁石回転電機を実現できる。

【0084】請求項9ないし請求項11に記載の発明によれば、請求項8と同様の効果に加えて、永久磁石の固定子側の面から補助磁極部に漏洩する磁束を抑えることができる。

【0085】さらに請求項12ないし請求項16に記載の発明によれば、トルク脈動の減少という効果に加えて、永久磁石にかかる遠心力に対する支持力を確保することができる。

【0086】請求項17に記載の発明によれば、コギングトルクの少ない、安定した駆動装置を持つ電動車両を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態をなす永久磁石回転電機の周方向断面図。

【図2】図1の回転子の任意の永久磁石周辺の拡大図。

【図3】図1の実施形態の軸方向断面図。

【図4】図2の回転子部材の機能説明図と磁束密度分布。

【図5】従来の永久磁石回転電機の回転子部材の機能説明図と磁束密度分布。

【図6】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図7】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図8】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図9】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図10】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図11】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図12】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図13】図12の磁極片支持部材の斜視図。

【図14】図12の永久磁石回転電機の軸方向断面図。

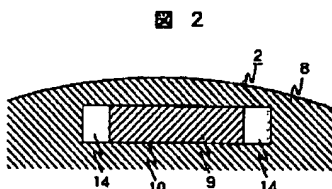
【図15】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

【図16】本発明の他の実施形態をなす永久磁石回転電機の回転子の周方向断面図。

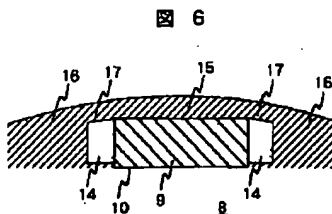
【符号の説明】

1…固定子、2…回転子、3…固定子鉄心、4…固定子巻線、5…コア部、6…固定子突極部、7…シャフト、8…回転子鉄心、9…永久磁石、10…永久磁石挿入孔、11…ハウジング、12…エンドブラケット、13…ベアリング、14…空隙、15…磁極片部、16…補助磁極部、17…ブリッジ部、18…磁極片支持部材、19…永久磁石支持部材。

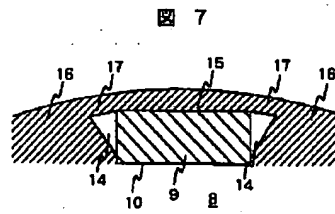
【図2】



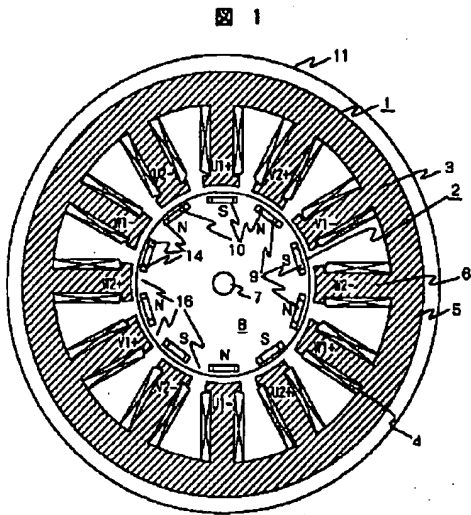
【図6】



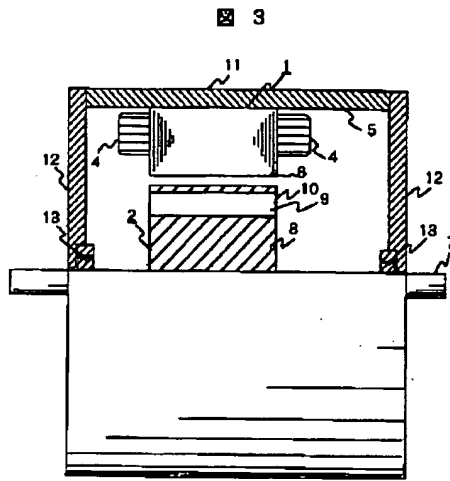
【図7】



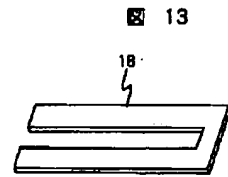
【図1】



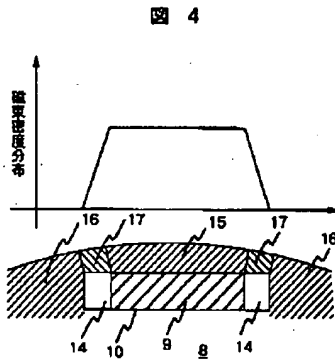
【図3】



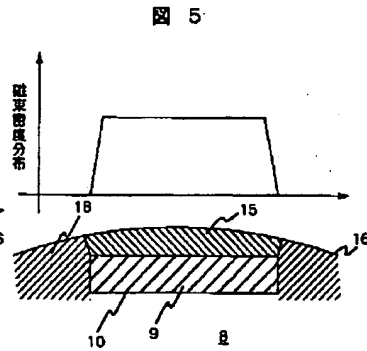
【図13】



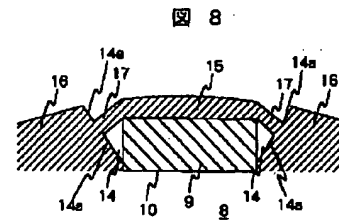
【図4】



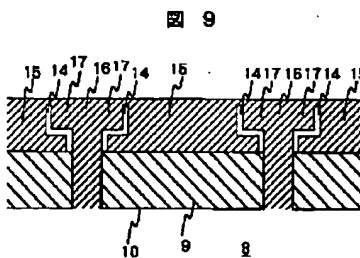
【図5】



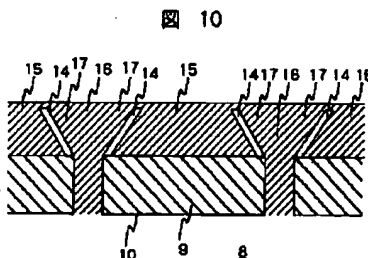
【図8】



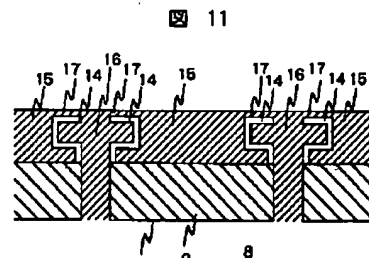
【図9】



【図10】

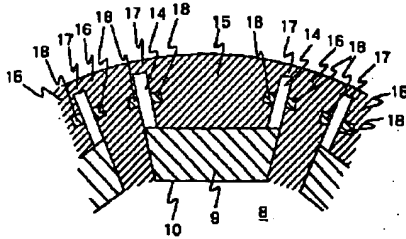


【図11】



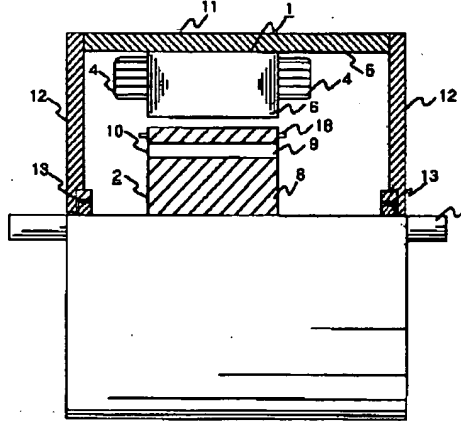
【図12】

図 12



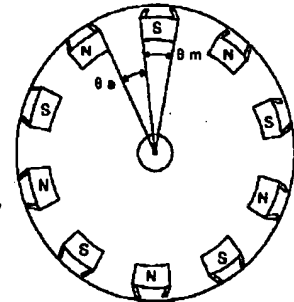
【図14】

図 14



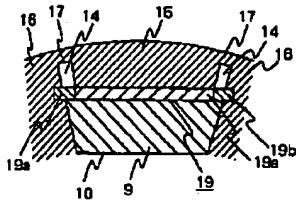
【図16】

図 16



【図15】

図 15



フロントページの続き

(72)発明者 川又 昭一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 渋谷 末太郎

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小泉 修

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 小田 圭二

茨城県ひたちなか市高場2477番地 株式会社日立カーエンジニアリング内